

CLIPPEDIMAGE= JP402197180A  
PAT-NO: JP402197180A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02197180 A  
TITLE: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

PUBN-DATE: August 3, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TSURUGA, TAKAHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HONDA MOTOR CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP01017149

APPL-DATE: January 26, 1989

INT-CL (IPC): H01L041/09

US-CL-CURRENT: 310/341

ABSTRACT:

PURPOSE: To make a piezoelectric actuator small in expansion or shrinkage caused by temperature change by a method wherein the actuator is formed of a piezoelectric piece possessed or a negative thermal expansion coefficient in a direction in which an elastic strain occurs and another piezoelectric piece possessed of a positive thermal expansion coefficient in a direction in which an elastic strain occurs.

CONSTITUTION: A piezoelectric acutuator is formed containing a thermal expansion member 3 possessed of a positive thermal expansion coefficient and a thermal expansion member 4 possessed of a negative thermal expansion coefficient. And, one of the thermal expansion members 3 and 4 forms a piezoelectric piece, and an electrode plate (not shown in a figure) is provided to both its sides respectively. When a voltage is applied

to the piezoelectric piece through the intermediary of the electrode plates, an elastic strain occurs inside the piezoelectric piece to make it expand or shrink in overall length and displaced. Provided that the thermal expansion coefficient of the member 3 is  $\alpha_p$ , the thickness of the thermal expansion member in the direction in which an elastic strain occurs is  $t_p$ , the thermal expansion coefficient of the member 4 is  $\alpha_m$ , and the thickness of the thermal shrinkage member in the direction in which an elastic strain occurs is  $t_m$ , a formula shown in a figure is satisfied. Therefore, the thermal expansion of the member 3 and the thermal shrinkage of the member 4 cancel each other completely, so that the whole length of the piezoelectric actuator does not change due to temperature change.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-197180

⑬ Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)8月3日

H 01 L 41/09

7342-5F H 01 L 41/08

S

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全5頁)

⑮ 発明の名称 圧電アクチュエータ

⑯ 特 願 平1-17149

⑰ 出 願 平1(1989)1月26日

⑱ 発 明 者 鶴 賀 孝 廣 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

⑲ 出 願 人 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山2丁目1番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 長谷川 芳樹 外3名

明 細 書

1. 発明の名称

圧電アクチュエータ

2. 特許請求の範囲

1. 電界が印加された状態で弾性ひずみが発生する方向に、1あるいは2以上の圧電体を一列に積層して構成された圧電アクチュエータにおいて、

前記弾性ひずみが発生する方向で負の熱膨張係数を有する圧電体と、

前記弾性ひずみが発生する方向で正の熱膨張係数を有する熱膨張部材を含んで構成され、

前記弾性ひずみが発生する方向で前記負の熱膨張係数を有する圧電体の熱膨張が相殺されていることを特徴とする圧電アクチュエータ。

2. 前記圧電体の熱膨張係数を $a_1$ 、前記弾性ひずみが発生する方向における前記圧電体の厚さを $t_1$ 、前記熱膨張部材の熱膨張係数を $a_2$ 、

前記弾性ひずみが発生する方向における前記熱膨張部材の厚さを $t_2$ とした場合、

前記圧電体が、 $-(a_2 \times t_2 / a_1)$ とほぼ等しい厚さ $t_1$ で形成されていることを特徴とする請求項1記載の圧電アクチュエータ。

3. 電界が印加された状態で弾性ひずみが発生する方向に、1あるいは2以上の圧電体を一列に積層して構成された圧電アクチュエータにおいて、

前記弾性ひずみが発生する方向で正の熱膨張係数を有する圧電体と、

前記弾性ひずみが発生する方向で負の熱膨張係数を有する熱収縮部材を含んで構成され、

前記弾性ひずみが発生する方向で前記圧電体の熱膨張が相殺されていることを特徴とする圧電アクチュエータ。

4. 前記圧電体の熱膨張係数を $a_3$ 、前記弾性ひずみが発生する方向における前記圧電体の厚さを $t_3$ 、前記熱収縮部材の熱膨張係数を $a_4$ 、前記弾性ひずみが発生する方向における前記熱収縮部材の厚さを $t_4$ とした場合、

前記圧電体が、 $-(a_4 \times t_4 / a_3)$  とほぼ等しい厚さ  $t_3$  で形成されていることを特徴とする請求項3記載の圧電アクチュエータ。

5. 前記熱収縮部材が、前記圧電体に電界を印加する導電体で形成されており、前記弾性ひずみが発生する方向の両端部で、当該導電体の厚さをほぼ2分の1とすることを特徴とする請求項4記載の圧電アクチュエータ。

### 3. 発明の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

この発明は、電界が印加された状態で弾性ひずみが発生する方向に、1あるいは2以上の圧電体を一列に積層して構成された圧電アクチュエータに関するものである。

#### 〔従来の技術〕

圧電アクチュエータは、結晶構造に対称の中心を持たない結晶において外部から電界を加えると、電界に比例した電気分極が発生する逆圧電効果を利用したもので、単純な構造で大きな力を発生す

ることができる。近年では、種々の用途に使用されている。以下、従来の圧電アクチュエータを説明する。

第4図は、従来の圧電アクチュエータを示す模式図である。この圧電アクチュエータは、同一の圧電体(薄板)1、1、…が電極板2、2、…を挟んで交互に積み重ねられて形成されている。圧電体1を挟む電極板2、2は、電源のプラス端子及びマイナス端子に接続されており、圧電体1には弾性ひずみが作動する方向に電界が加えられる。隣接する圧電体薄板の内部に形成される分極方向は、互いに逆向きになっている。

電極板2、2、…に所定の電圧が印加されると、圧電体1、1、…に弾性ひずみが発生し、圧電アクチュエータが変位する。この伸張変位や、変位に伴う力を利用して、例えば、顕微鏡の試験台等を高精度で駆動する。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、圧電アクチュエータを使用するに際し、熱膨張の問題がある。

第5図は、圧電アクチュエータの熱膨張を示す測定結果である。この測定結果では、素子断面寸法  $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  で伸縮方向の寸法が  $18\text{ mm}$ 、変位が  $15\text{ }\mu\text{m} / 100\text{ V} \pm 10\%$  の圧電アクチュエータ(品名: NLA-5 $\times$ 5 $\times$ 18)を使用している。この場合、圧電アクチュエータの変位量は、最大でも元の長さ( $18\text{ mm}$ )の1000分の1程度と小さい。しかし、その熱収縮は30℃から100℃への温度変化に対して約7.5 $\mu\text{m}$ で、元の長さの1000分の0.4程度になっている。これは、変位量の最大値に対して40%にも及ぶものである。

この場合、圧電アクチュエータが使用される周囲の温度環境によって、精度が異なることになり、高精度の制御が困難になる。特に、接触している物体からの熱伝達や圧電体自体の熱膨張あるいは熱収縮があるので、現実には必ず温度変化が生じてくる。

例えば、自動車のブレーキを温度の上昇に伴って膨張する正の熱膨張係数を持つ圧電アクチュエ

ータの伸長変位で駆動する場合には、ブレーキの摩擦面で発生した熱が圧電アクチュエータに伝達され、圧電アクチュエータの温度が上昇する。その結果、圧電アクチュエータに熱膨張が生じ、さらにブレーキが強く作動する。その為、発生する熱も増加して圧電アクチュエータが更に膨脹するという悪循環を繰り返す。従って、温度変化に対する信頼性が悪いという欠点があった。

また、圧電アクチュエータの組成は、発生できる変位、力を大きくすることを基準にして決定されることから、単体の圧電材料のみでは熱膨張を実用的に支障のない程小さくすることが困難である。

さらに、圧電アクチュエータの熱膨張(収縮)を機構的に補償すると、機構が複雑になり、単純な構造で大きな力を発生できるという圧電アクチュエータの長所が失われてしまう。

そこで本発明は、温度環境により伸縮変位が変化する圧電アクチュエータを提供することにより、温度変動に対する信頼性の向上を目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

上記課題を達成するため、この発明は電界が印加された状態で弾性ひずみが発生する方向に、1あるいは2以上の圧電体を一列に積層して構成された圧電アクチュエータにおいて、弾性ひずみが発生する方向で、温度上昇に伴い収縮する負の熱膨張係数を有する圧電体と、弾性ひずみが発生する方向で正の熱膨張係数を有する熱膨張部材を含んで構成されており、弾性ひずみが発生する方向で圧電体の熱収縮が相殺されている。

この場合、圧電体として弾性ひずみが発生する方向で正の熱膨張係数を有するものを使用し、弾性ひずみが発生する方向で負の熱膨張係数を有する熱収縮部材を使用してもよい。

〔作用〕

この発明は、以上のように構成されているので、圧電アクチュエータの伸縮方向における全長は、温度変化の影響を受けない。すなわち、印加された電界により、圧電アクチュエータの全長が決定される。その為、電気的に高精度な制御が可能に

なる。

〔実施例〕

以下、この発明の一実施例に係る圧電アクチュエータを添付図面に基づき説明する。なお、説明において同一要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

第1図は、本発明の基本的構成に係る圧電アクチュエータを示すものである。この圧電アクチュエータは、正の熱膨張係数を有する熱膨張部材3と負の熱膨張係数を有する熱収縮部材4を含んで構成されている。熱膨張部材3及び熱収縮部材4の一方は圧電体で形成されており、その両側には電極板（図示せず）が取り付けられている。

電極板を介して電圧が印加されると、圧電体内部に弾性ひずみが発生し、圧電アクチュエータの全長が伸縮変位する。

組み合わせとしては、①正の熱膨張係数を有する圧電体と負の熱膨張係数を有する熱収縮部材、②正の熱膨張係数を有する熱膨張部材と負の熱膨張係数を有する圧電体が考えられる。この場合、

電極板を熱収縮部材あるいは熱膨張部材として使用してもよい。

熱膨張部材3の熱膨張係数を $\alpha_p$ 、弾性ひずみが発生する方向における熱膨張部材の厚さを $t_p$ 、熱収縮部材4の熱膨張係数を $\alpha_n$ 、弾性ひずみが発生する方向における熱収縮部材の厚さを $t_n$ とした場合、

$$\alpha_p \times t_p + \alpha_n \times t_n = 0 \quad \dots (1)$$

の関係式が成立する。その為、熱膨張部材3の温度変化による熱膨張と、熱収縮部材4の温度変化による熱収縮が完全に相殺され、圧電アクチュエータの全長は温度変化によっては変化しない。

第2図は、この発明の第1実施例に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。この圧電アクチュエータは、正の熱膨張係数を有する熱膨張絶縁体5と、負の熱膨張係数を有する熱収縮圧電体6と、熱収縮圧電体6を挟んで形成された電極板7、7を含んで構成されている。ここで使用されている熱収縮圧電体6、熱膨張絶縁体5はそれぞれ同一寸法、同一熱膨張係数を有するものである。

熱収縮圧電体の熱膨張係数を $\alpha_1$ 、弾性ひずみが発生する方向における熱収縮圧電体の厚さを $t_1$ 、熱膨張絶縁体の熱膨張係数を $\alpha_2$ 、弾性ひずみが発生する方向における熱膨張絶縁体の厚さを $t_2$ とした場合、

$$\alpha_1 \times t_1 + \alpha_2 \times t_2 = 0 \quad \dots (2)$$

の関係式が成立する。その為、熱収縮圧電体6の温度変化による熱収縮と、熱膨張絶縁体5の温度変化による熱膨張が完全に相殺され、圧電アクチュエータの全長は温度変化によっては変化しない。

次に、上記実施例に基づき、抗電界450kV/m、熱膨張係数 $6 \times 10^{-6}$ の熱収縮圧電体（第5図参照）、熱膨張係数 $27 \times 10^{-6}$ の熱膨張絶縁体（ベークライト）を使用し、最高印加電圧400Vの圧電アクチュエータを形成する場合について具体例を説明する。この場合、熱収縮圧電体6の厚さ $t_1$ は0.89mm、熱膨張絶縁体5の厚さ $t_2$ は0.2mmになる。

なお、熱膨張絶縁体は電圧印加により変位しないので、薄い材料すなわち熱膨張係数が高い材

料が望ましい。そこで、熱膨張係数が比較的に大きいポリエチレン（熱膨張係数： $150 \times 10^{-6}$ ）を使用して計算すると、厚さは0.036にすることができる。この厚さは、絶縁には十分であり、しかも、ベークライトの厚さと比べ、25分の1程度になる。

また、熱膨張絶縁体の代わりに熱膨張導電体（銅）を使用すると、その厚さは0.32mmになる。この場合、電極板を兼用することができるので、電極板を取り付ける必要がなくなる。

第3図は、この発明の第2実施例に係る圧電アクチュエータを示す構成図である。この圧電アクチュエータは、負の熱膨張係数を有する熱収縮導電体8と、正の熱膨張係数を有する熱膨脹圧電体9を含んで構成されている。第1実施例（第2図参照）との構造上の差異は、熱収縮導電体8が電極板を兼用している点である。ここで使用されている両端を除いた熱収縮導電体8と、熱膨脹圧電体9はそれぞれ同一寸法、同一熱膨張係数を有するものである。

#### 〔発明の効果〕

この発明は、以上説明したように構成されているので、圧電アクチュエータの全長は温度環境により変化しない。その為、温度変化により精度が低下せず、温度に対する信頼性を向上させることができる。

また、複雑な機構などを使用することなく、温度の変化による膨脹・収縮の少ない圧電アクチュエータを実現することができる。

さらに、圧電アクチュエータ内部の温度分布が均一でない場合においても、一般的に熱膨脹部材と熱収縮部材の厚さは圧電アクチュエータの全長に対して比較的薄く構成されているので、内部で温度が均一に分布していない場合でも隣接する熱膨脹部材、熱収縮部材の温度には大きな差は生じない。

また、前述したように、熱膨脹部材あるいは熱収縮部材で電極を兼用し、両端に使用されるものを2分の1の厚さにすれば、その中で温度差による熱膨脹を相殺することができ、温度勾配による

熱膨脹圧電体9の熱膨張係数を $a_3$ 、弾性ひずみが発生する方向における熱膨脹圧電体9の厚さを $t_3$ 、熱収縮導電体8の熱膨張係数を $a_4$ 、弾性ひずみが発生する方向における熱収縮導電体8の厚さを $t_4$ とした場合、

$$a_3 \times t_3 + a_4 \times t_4 = 0 \quad \dots (3)$$

の関係式が成立する。その為、熱膨脹圧電体9の温度変化による熱膨脹と、熱収縮導電体8の温度変化による熱収縮が完全に相殺され、圧電アクチュエータの全長は温度変化によっては変化しない。この場合、圧電アクチュエータの両端に積層された熱収縮導電体8の厚さは2分の1になっており、温度変化による熱膨脹を両側で相殺している。

なお、この発明は上記実施例に限定されるものではなく、使用されている熱膨脹部材、熱収縮部材の形状、厚さ、配置は任意的なものである。

また、圧電アクチュエータに含まれる熱膨脹部材、熱収縮部材は一種類に限定されるものではなく、2以上の部材を混在させて積層してもよい。

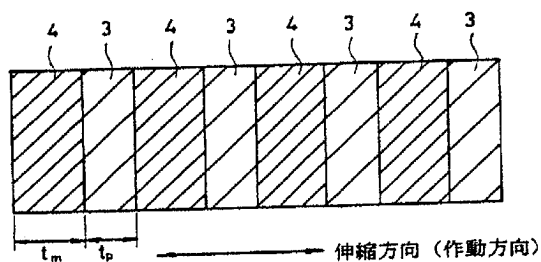
熱膨脹を生じない。

#### 4. 図面の簡単な説明

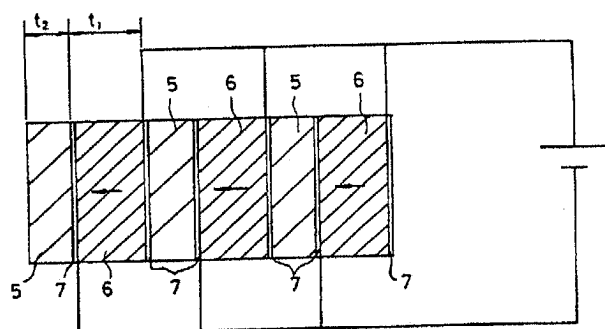
第1図は本発明の基本的構成を示す模式図、第2図は本発明の第1実施例に係る圧電アクチュエータを示す構成図、第3図は本発明の第2実施例に係る圧電アクチュエータを示す構成図、第4図は従来技術に係る圧電アクチュエータを示す構成図、第5図はアクチュエータの熱膨脹に関する測定結果を示す図である。

1…圧電体、2、7…電極板、3…熱膨脹部材、4…熱収縮部材、5…熱膨脹絶縁体、6…熱収縮圧電体、8…熱収縮導電体、9…熱膨脹圧電体

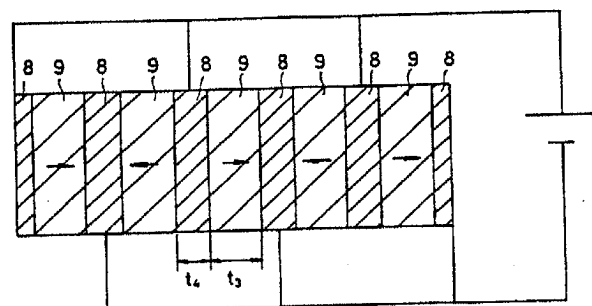
特許出願人 本田技研工業株式会社  
代理人 弁理士 長谷川 芳樹  
同 山田 行一



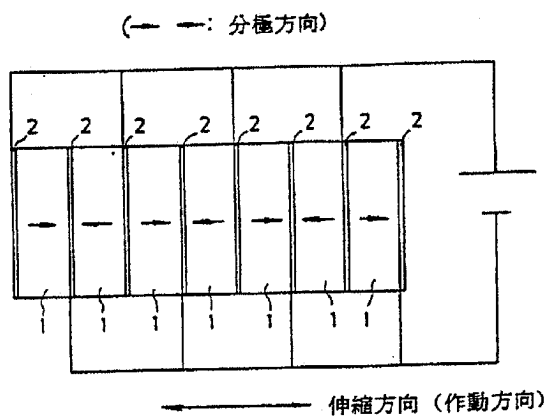
本発明の基本的構成  
第 1 図



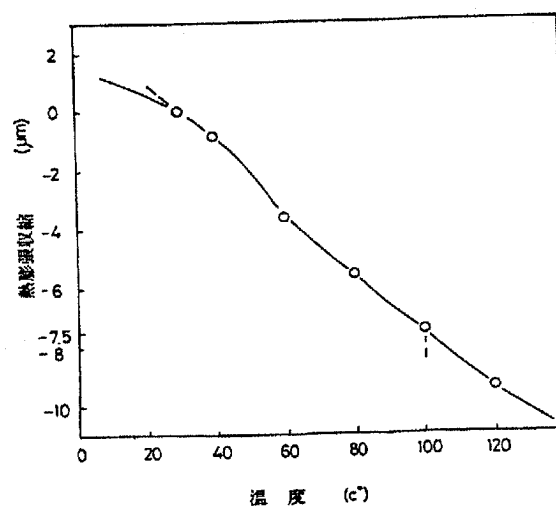
第 1 実施例  
第 2 図



第 2 実施例  
第 3 図



従 来 技 術  
第 4 図



アクチュエータの熱膨張  
第 5 図